

機械力学実験

eラーニング
実験前に説明動画を
視聴しておくこと

1. 題目

振動モード実験および振動制御実験

2. 目的

少し複雑な振動現象を体験する。振動モード実験では、連続体の振動として片持ちはりを用いた固有角振動数と固有振動モード形状を観測する。振動制御実験では、一自由度振動系を用いて、地震波入力時の応答低減を目標に実験と計算結果とを比較し、振動制御への理解を深める。

3. 振動モード実験

図1のような片持ちはりの固定端を加振機によって上下に強制振動させる。信号発生器（ファンクションジェネレータ）のつまみを徐々に回して加振振動数を上げつつ、固有振動モード形状になった時点で、振動数（周波数）を記録し、その形状を撮影する。1次～3次モードを観察してみよう。

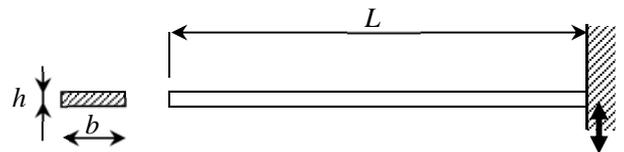


図1

次に、理論値を計算する。片持ちはりをオイラーの連続はりとする、はりのたわみ Y は位置 x と時間 t との関係は波動方程式によって得られる。

$$EI \frac{\partial^4 Y(x)}{\partial x^4} + \rho A \frac{\partial^2 Y(t)}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

式(1)から、 i 次モードの固有振動数 ω_i は以下の式となる。

$$\omega_i = \left(\frac{\lambda_i}{L}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (2)$$

ここで、 E は縦弾性係数 (= 200 GPa)、 I は断面二次モーメント ($=bh^3/12$)、 ρ は密度 (= 7800 kg/m³)、 A は断面積 ($=bh$) である。はりの長さ L は定規で、幅 b はノギスで、厚さ h はマイクロメータを使って測定する。式(2)の λ_i は式(1)の解に境界条件を代入することにより導かれ、片持ちはりの場合は以下の条件式を満たす値になる。(教科書 p.89 参照)

$$\cosh \lambda \cos \lambda = -1 \quad (3)$$

1次～3次の固有振動数の理論値を求め、実験値との誤差率を求める。

【課題】

- 1) 1次～3次モードの固有振動数の実験値と理論値の誤差の理由を推察せよ。
- 2) ダンカレーの方法を用いて1次の固有振動数を求め、実験値との誤差率を求めよ。
- 3) これらの実験結果がどんな所に応用されているか考えてみよう。

4. 振動制御実験

図2のような、質点とはりから成る一自由度振動系がある。4枚のはりを基礎部と質点に取り付けてある。加振機によって基礎部をランダム波（地震波）で加振する。そのときの質点の加速度を測定する。

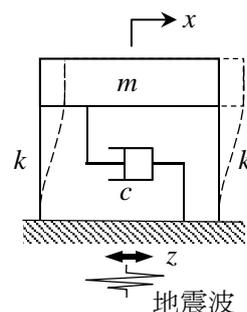


図2

次に、層間に空気ダンパを取り付ける。ダンパの空気流量調整つまみを最小（硬い状態）にして実験を行う。次に、流量調整つまみを自分たちで調整して同じ実験を行う。加速度のピーク値がどの程度低減しているかを確認する。

両端が固定されている高さ L のはり 1 本分のばね定数 k は次式で与えられる。

$$k = \frac{12EI}{L^3} \quad (4)$$

ここで、 E は縦弾性係数、 I は断面二次モーメントである。質点の重さは実験当日に掲示される。はりの長さ L は 260 mm で、幅 b は 20 mm、厚さ h は 1 mm である。質点を手で少し押し、手を放し自由減衰振動させ、その時の時刻歴波形から対数減衰率、減衰比およびダンパの粘性減衰係数 c を求める。

質点の運動方程式は機械情報工学実験テキストの機械力学実験、式(12)と同じである。その式を相対座標系 $u (=x-z)$ を用いて書き直すと

$$\ddot{u} = -\frac{c}{m}\dot{u} - \frac{k}{m}u - \ddot{z} \quad (5)$$

と表せる。式(5)を満たすように、コンピュータの数値計算ソフトの Matlab/Simulink 上で図3のようにモデル mdl ファイルを作る。プログラム(m)ファイル内の数値を書き換えて実行する。質点の絶対加速度と相対変位を計算する。最後に実験結果と計算結果を比較する。

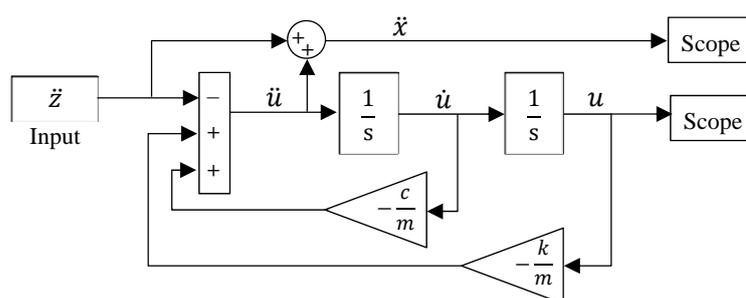


図3

【課題】

- 1) Matlab/Simulink で質点の応答加速度および相対変位を計算する。実験および計算結果の時系列のグラフを描き、加速度を比較してみよう。
- 2) 実験で用いた地震波の卓越振動数を調べる。また、その卓越振動数と実験装置の固有振動数との関係について調べ、振動低減にどのような影響があるか調べてみよう。
- 3) 粘性減衰係数を適宜変化させる方法として、他にどんな方法があるか考えてみよう。